

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-203588

(43)Date of publication of application : 19.07.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/24

H01M 8/02

(21)Application number : 2000-402473

(71)Applicant : MITSUBISHI MATERIALS CORP

(22)Date of filing : 28.12.2000

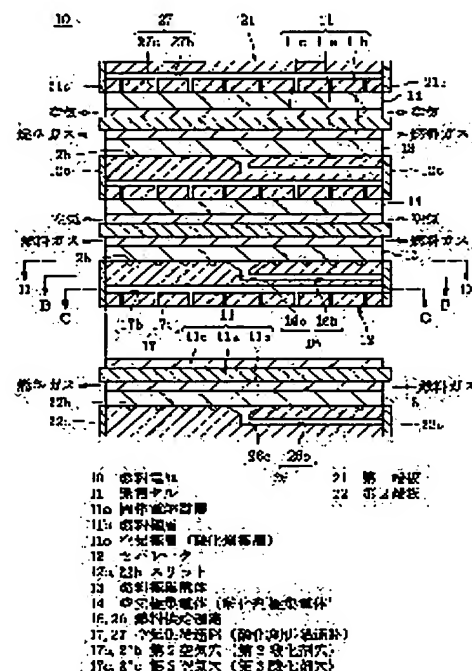
(72)Inventor : AKIKUSA JUN

## (54) SOLID OXIDE TYPE FUEL CELL

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To attain miniaturization of a fuel cell by making a pre-heater for fuel gas and the like, unnecessary.

**SOLUTION:** A total of  $n$  pieces of separator 12 is sandwiched for every one, respectively, between a fuel electrode layer 11b of an  $i$ -th power generation cell among  $(n+1)$  pieces of generation cell, and an oxidizer electrode layer 11c of an  $(i+1)$ -th power generation cell. A porous fuel electrode collector 13 is sandwiched between the fuel electrode layer of the  $i$ -th power generation cells 11 and the  $j$ -th separator, and a porous oxidizer electrode collector 14 is sandwiched between an oxidizer electrode layer of the  $(i+1)$ -th power generation cell and the  $j$ -th separator. A 1st end plate 21 is laminated to a 1st oxidizer electrode layer of the 1st power generation cell, and a 2nd end plate 22 is laminated to the fuel electrode layer of the  $(n+1)$ -th power generation cell. A fuel supplying passage 16 and an oxidizer supplying passage 17 are formed winding their ways in each separator, respectively, an oxidizer supplying passage 17 is formed winding its way in the 1st end plate, and further a fuel supplying passage 16 is formed winding its way in the 2nd end plate.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-203588

(P2002-203588A)

(43)公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターコード<sup>\*</sup>(参考)

H 0 1 M 8/24  
8/02

H 0 1 M 8/24  
8/02

R 5 H 0 2 6  
R  
B

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2000-402473(P2000-402473)

(22)出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(71)出願人 000006264

三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町1丁目5番1号

(72)発明者 秋草 順

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱

マテリアル株式会社総合研究所内

(74)代理人 100085372

弁理士 須田 正義

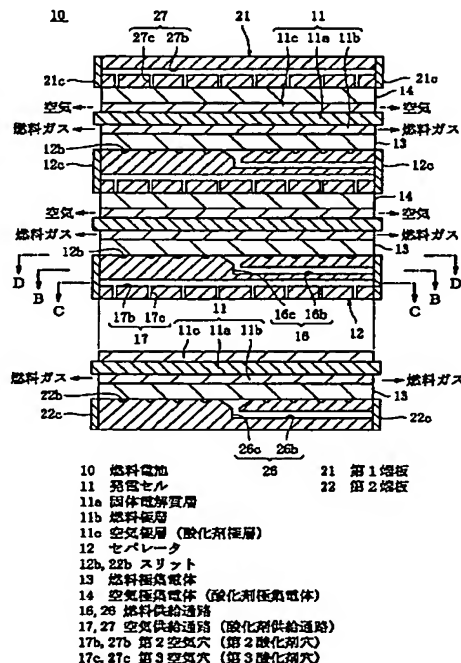
Fターム(参考) 5H026 AA06 EE02

(54)【発明の名称】 固体酸化物型燃料電池

(57)【要約】

【課題】 燃料ガス等の予熱器を不要にし、燃料電池の小型化を図る。

【解決手段】  $(n+1)$  個の発電セル 11 のうち  $i$  番目の発電セルの燃料極層 11b と  $(i+1)$  番目の発電セルの酸化剤極層 11c との間にはセパレータ 12 がそれぞれ 1 枚ずつ合計  $n$  枚介装される。 $i$  番目の発電セルの燃料極層と  $j$  番目のセパレータの間には多孔質の燃料極集電体 13 が介装され、 $(i+1)$  番目の発電セルの酸化剤極層と  $j$  番目のセパレータの間には多孔質の酸化剤極集電体 14 が介装される。1 番目の発電セルの酸化剤極層には第 1 端板 21 が積層され、 $(n+1)$  番目の発電セルの燃料極層には第 2 端板 22 が積層される。各セパレータには燃料供給通路 16 及び酸化剤供給通路 17 がそれぞれ蛇行して形成され、第 1 端板には酸化剤供給通路 17 が蛇行して形成され、更に第 2 端板には燃料供給通路 16 が蛇行して形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化物イオン伝導体により形成された固体電解質層(11a)とこの固体電解質層(11a)の両面に配設された燃料極層(11b)及び酸化剤極層(11c)とからなる発電セル(11)が  $(n+1)$  個 ( $n$  は正の整数である。) 積層された固体酸化物型燃料電池であって、

前記  $i$  番目 ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) の発電セル(11)の燃料極層(11b)とこの燃料極層(11b)に隣接する ( $i+1$ ) 番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)との間に導電性材料により板状に形成されたセパレータ(12)がそれぞれ 1 枚ずつ合計  $n$  枚が積層され、

前記  $i$  番目の発電セル(11)の燃料極層(11b)と前記  $j$  番目 ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) のセパレータ(12)との間に導電性を有する多孔質の燃料極集電体(13)が積層され、

前記 ( $i+1$ ) 番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)と前記  $j$  番目のセパレータ(12)との間に導電性を有する多孔質の酸化剤極集電体(14)が積層され、

前記 1 番目の発電セル(11)の酸化剤極層(11c)に酸化剤極集電体(14)を介して導電性材料により板状に形成された単一の第 1 端板(21)が積層され、

前記 ( $n+1$ ) 番目の発電セル(11)の燃料極層(11b)に燃料極集電体(13)を介して導電性材料により板状に形成された単一の第 2 端板(22)が積層され、

前記  $n$  枚のセパレータ(12)が燃料ガスをセパレータ(12)外周面から導入して蛇行させながら略中心に流しかつ前記セパレータ(12)の略中心から前記燃料極集電体(13)に向かって吐出させる燃料供給通路(16)と、前記酸化剤ガスを前記セパレータ(12)外周面から導入して蛇行させながら前記セパレータ(12)内を流しかつ前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路(17)とを有し、

前記単一の第 1 端板(21)が酸化剤ガスを前記第 1 端板(21)外周面から導入して蛇行させながら前記第 1 端板(21)内を流しかつ前記第 1 端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路(27)を有し、前記単一の第 2 端板(22)が燃料ガスを前記第 2 端板(22)外周面から導入して蛇行させながら略中心に流しかつ前記第 2 端板(22)の略中心から前記燃料極集電体(13)に向かって吐出させる燃料供給通路(26)を有することを特徴とする固体酸化物型燃料電池。

【請求項 2】  $n$  枚のセパレータ(12)に形成された各酸化剤供給通路(17)が酸化剤ガスを前記セパレータ(12)外周面から導入して蛇行させながら前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成され、

単一の第 1 端板(21)に形成された酸化剤供給通路(27)が前記酸化剤ガスを前記第 1 端板(21)外周面から導入して蛇行させながら前記第 1 端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成された請求項 1 記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 3】  $n$  枚のセパレータ(12)に形成された酸化剤供給通路(17)が各セパレータ(12)の外周面に開口する単一の第 1 酸化剤穴(17a)と、この第 1 酸化剤穴(17a)に連通し前記セパレータ(12)内を蛇行する単一の第 2 酸化剤穴(17b)と、前記セパレータ(12)の酸化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第 2 酸化剤穴(17b)に連通するように形成された多数の第 3 酸化剤穴(17c)とを有し、

単一の第 1 端板(21)に形成された酸化剤供給通路(27)が前記第 1 端板(21)の外周面に開口する単一の第 1 酸化剤穴(27a)と、この第 1 酸化剤穴(27a)に連通し前記第 1 端板(21)内を蛇行する単一の第 2 酸化剤穴(27b)と、前記第 1 端板(21)の酸化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第 2 酸化剤穴(27b)に連通するように形成された多数の第 3 酸化剤穴(27c)とを有する請求項 2 記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 4】  $n$  枚のセパレータ(52)に形成された酸化剤供給通路(57)が各セパレータ(52)の外周面に開口する単一の第 1 酸化剤穴(57a)と、この第 1 酸化剤穴(57a)に連通し前記セパレータ(52)内を蛇行しながら略中心に向う単一の第 2 酸化剤穴(57b)と、この第 2 酸化剤穴(57b)に連通しかつ酸化剤極集電体(14)の略中心に臨む単一の第 3 酸化剤穴(57c)とを有し、

第 1 端板(61)に形成された酸化剤供給通路(67)が前記第 1 端板(61)の外周面に開口する単一の第 1 酸化剤穴(67a)と、この第 1 酸化剤穴(67a)に連通し前記第 1 端板(61)内を蛇行しながら略中心に向う単一の第 2 酸化剤穴(67b)と、この第 2 酸化剤穴(67b)に連通しかつ前記酸化剤極集電体(14)の略中心に臨む単一の第 3 酸化剤穴(67c)とを有する請求項 1 記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 5】 燃料供給通路(16, 26)及び酸化剤供給通路(17, 27)のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセパレータ(12)、単一の第 1 端板(21)及び単一の第 2 端板(22)のそれぞれに複数の挿入穴(12a, 21a, 22a)が形成され、前記複数の挿入穴(12a, 21a, 22a)にヒータ(23)又はヒータ(23)及び温度センサがそれぞれ挿入された請求項 1 ないし 4 いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 6】 燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセパレータ、単一の第 1 端板及び単一の第 2 端板のそれぞれに複数の軽量化穴が形成された請求項 1 ないし 4 いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 7】  $n$  枚のセパレータ(12)の燃料極集電体(13)への対向面及び単一の第 2 端板(22)の燃料極集電体(13)への対向面に、各セパレータ(12)及び第 2 端板(22)の中心から渦巻き状に延びる複数のスリット(12b, 22b)がそれぞれ形成された請求項 1 ないし 6 いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項 8】  $n$  枚のセパレータ(52)の燃料極集電体(13)への対向面及び単一の第 2 端板(62)の燃料極集電体(1

3)への対向面に、各セバレータ(52)及び第2端板(62)の中心から放射状に延びる複数のスリット(52b, 62b)がそれぞれ形成された請求項1ないし6いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項9】 n枚のセバレータ(52)の酸化剤極集電体(14)への対向面及び単一の第1端板(61)の酸化剤極集電体(14)への対向面に、各セバレータ(52)及び第1端板(61)の中心から放射状に延びる複数のスリット(52b, 61b)がそれぞれ形成された請求項1ないし8いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項10】 燃料極集電体(13)がニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により形成され、

酸化剤極集電体(14)が銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金により形成され、

n枚のセバレータ(12)、単一の第1端板(21)及び単一の第2端板(22)がステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金によりそれぞれ形成され、  
前記燃料極集電体(13)が前記各セバレータ(12)及び前記第2端板(22)にそれぞれ接合され、  
前記酸化剤極集電体(14)が前記各セバレータ(12)及び前記第1端板(21)にそれぞれ接合された請求項1ないし9いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項11】 n枚のセバレータの表面、単一の第1端板の表面及び単一の第2端板の表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきがそれぞれ施された請求項1ないし10いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項12】 燃料供給通路に燃料ガスが流通可能な密度で改質粒子が充填された請求項1ないし11いずれか記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項13】 改質粒子がNi、NiO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgO、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SiC、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ThO<sub>2</sub>、Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub>、ZnO、Cu、BaO及びTiO<sub>2</sub>からなる群より選ばれた1種又は2種以上を含む元素又は酸化物により形成された請求項12記載の固体酸化物型燃料電池。

【請求項14】 酸化剤供給通路(17)が酸化剤ガスを外周面から導入して蛇行させながら酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成されたセバレータ。

【請求項15】 酸化剤供給通路(27)が酸化剤ガスを外周面から導入して蛇行させながら酸化剤極集電体(14)に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成された第1端板。

【請求項16】 酸化剤供給通路(17)が外周面に開口する単一の第1酸化剤穴(17a)と、この第1酸化剤穴(17a)に連通しかつ蛇行する単一の第2酸化剤穴(17b)と、酸

化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第2酸化剤穴(17b)に連通するように形成された多数の第3酸化剤穴(17c)とを有する請求項14記載のセバレータ。

【請求項17】 酸化剤供給通路(27)が外周面に開口する単一の第1酸化剤穴(27a)と、この第1酸化剤穴(27a)に連通しかつ蛇行する単一の第2酸化剤穴(27b)と、酸化剤極集電体(14)に対向する面に所定の間隔をあけかつ前記第2酸化剤穴(27b)に連通するように形成された多数の第3酸化剤穴(27c)とを有する請求項15記載の第1端板。

【請求項18】 燃料供給通路(16)が燃料ガスを外周面から導入して蛇行させながら略中心から燃料極集電体(13)に向って吐出させるように構成されたセバレータ。

【請求項19】 燃料供給通路(26)が燃料ガスを外周面から導入して蛇行させながら略中心から燃料極集電体(13)に向って吐出させるように構成された第2端板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料極層及び酸化剤極層にて固体電解質層を挟持して構成された発電セルを有する固体酸化物型の燃料電池に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の燃料電池として、発電セルがアノード、固体電解質及びカソードからなり、セバレート板が上記発電セルに交互に積層され、セバレート板のうちのリブ付多孔質基材に形成されたリブが燃料ガス及び酸化剤ガスを上記アノード及びカソードに個別に分配するように構成された固体電解質型燃料電池が開示されている(特開平3-129675号)。この燃料電池では、上記リブが反応ガスをリブ付多孔質基材の中央部から周縁部の反応ガス排出口に向って放射状に流すように構成される。また反応ガス排出口はセバレート板と発電セルの積層体であるスタックの周縁部に均一に分布するように配置される。更にスタックの中央部には燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管が積層方向に貫通して設けられ、これらの導入管から反応ガスがセバレート板に供給されるように構成される。このように構成された固体電解質型燃料電池では、反応ガスがスタックの中央部から周縁部に向って流れるので、発電セルとセバレート板との間のガスシールが不要になる。また反応ガス排出口から出た反応ガスは燃料電池の周囲で燃焼するけれども、上記排出口の分布が均一であるため、燃料電池の周囲の温度は均一に保たれるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の特開平3-129675号公報に示された固体電解質型燃料電池では、燃料ガスを燃料ガス導入管に導入する前に燃料電池外部の予熱器により予熱し、酸化剤ガスを酸化剤ガス導入管に導入する前に燃料電池外部の予熱器によ

り予熱する必要がある、部品点数が増大するとともに装置が大型化する不具合があった。また、上記従来の固体電解質型燃料電池では、燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管が発電セル及びセバレート板の積層体であるスタックの中央部に積層方向に貫通しているため、発電セルの略中心に2個の孔を形成する必要があり、発電に寄与する発電セルの表面積が上記2個の孔の面積分だけ小さくなって、発電効率が低下する不具合があった。また上記従来の固体電解質型燃料電池では、アノード等とリブ付多孔質基板とがリブのみで接触しているため、アノード等とリブとが接触する部分近傍のみで反応が起こり易い。即ち、上記リブ間の溝中央部分ではアノード等と接触していないため、反応により生成した電子がリブに到達する前に、アノード等の電気抵抗により消滅してしまい、発電セル全面で反応させることが難しい問題点もあった。また、上記従来の固体電解質型燃料電池では、セバレート板のリブ付多孔質基材には反応ガスを所定の方向に導くリブが形成されているため、発電に寄与する発電セルの表面積がリブのアノード又はカソードへの接触面積分だけ小さくなって、発電効率が低下する問題点もあった。更に、上記従来の固体電解質型燃料電池では、燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管を貫通させるための通孔がスタックの中央部に形成されるため、燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管と上記通孔との隙間から燃料ガス及び酸化剤ガスが漏れて混ざり燃焼してしまうおそれがあった。このため燃料電池の発電効率が低下する問題点があった。なお、上記隙間にセラミックセメントを充填する方法が固体電解質型燃料電池（特開平6-196198号）に記載されているけれども、完全にシールすることは難しかった。

【0004】本発明の第1の目的は、燃料ガス及び酸化剤ガスを予熱するための予熱器を不要にすることにより、部品点数を低減しつつ小型化を図ることができる、固体酸化物型燃料電池を提供することにある。本発明の第2の目的は、発電に寄与する発電セルの表面を全て発電に寄与させることができ、また燃料ガス及び酸化剤ガスが発電セルに供給される前、即ち発電前に混ざって燃焼することを防止でき、これらにより発電効率を向上できる、固体酸化物型燃料電池を提供することにある。本発明の第3の目的は、起動時に昇温時間を短縮できるとともに、均一な昇温により発電セルの損傷を防止できる、固体酸化物型燃料電池を提供することにある。本発明の第4の目的は、燃料ガスの燃料極層内での流れを制御することにより、燃料ガスと燃料極層との衝突回数を増大することができ、また酸化剤ガスを酸化剤極層の全体に略均一に流すことにより、発電セルを均一に加熱・冷却できる、固体酸化物型燃料電池を提供することにある。本発明の第5の目的は、ステンレス鋼製などのセバ

レートを、第1端板又は第2端板と、燃料極集電体又は酸化剤極集電体との長期的な電氣的導通が得られる固体酸化物型燃料電池を提供することにある。本発明の第6の目的は、燃料ガスを改質するための改質器を不要にすることにより、部品点数を低減しつつ小型化を図ることができる、固体酸化物型燃料電池を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、図1に示すように、酸化物イオン伝導体により形成された固体電解質層11aとこの固体電解質層11aの両面に配設された燃料極層11b及び酸化剤極層11cとからなる発電セル11が $(n+1)$ 個（ $n$ は正の整数である。）積層された固体酸化物型燃料電池10であって、 $i$ 番目（ $i=1, 2, \dots, n$ ）の発電セル11の燃料極層11bとこの燃料極層11bに隣接する $(i+1)$ 番目の発電セル11の酸化剤極層11cとの間に導電性材料により板状に形成されたセバレート12がそれぞれ1枚ずつ合計 $n$ 枚介装され、 $i$ 番目の発電セル11の燃料極層11bと $j$ 番目（ $j=1, 2, \dots, n$ ）のセバレート12との間に導電性を有する多孔質の燃料極集電体13が介装され、 $(i+1)$ 番目の発電セル11の酸化剤極層11cと $j$ 番目のセバレート12との間に導電性を有する多孔質の酸化剤極集電体14が介装され、1番目の発電セル11の酸化剤極層11cに酸化剤極集電体14を介して導電性材料により板状に形成された単一の第1端板21が積層され、 $(n+1)$ 番目の発電セル11の燃料極層11bに燃料極集電体13を介して導電性材料により板状に形成された単一の第2端板22が積層され、 $n$ 枚のセバレート12が燃料ガスをセバレート12外周面から導入して蛇行させながら略中心に流しかつセバレート12の略中心から燃料極集電体13に向って吐出させる燃料供給通路16と、酸化剤ガスをセバレート12外周面から導入して蛇行させながらセバレート12内を流しかつセバレート12の酸化剤極集電体14に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路17とを有し、単一の第1端板21が酸化剤ガスを第1端板21外周面から導入して蛇行させながら第1端板21内を流しかつ第1端板21の酸化剤極集電体14に対向する面から吐出させる酸化剤供給通路27を有し、単一の第2端板22が燃料ガスを第2端板22外周面から蛇行させながら略中心に流しかつ第2端板22の略中心から燃料極集電体13に向って吐出させる燃料供給通路26を有することを特徴とする固体酸化物型燃料電池である。

【0006】この請求項1に記載された固体酸化物型燃料電池では、燃料ガスを燃料供給通路16、26に導入すると、燃料ガスは燃料供給通路16、26内を蛇行しながらセバレート12及び第2端板22の略中心に向

う。運転中の燃料電池10は高温であるため、上記燃料ガスは燃料供給通路16、26を通る間にセバレータ12及び第2端板22から熱を吸収し、燃料極層11bでの反応に最適な温度に達する。この加熱された燃焼ガスはセバレータ12及び第2端板22の略中心から燃料極集電体13の中心に向かって吐出し、燃料極集電体13内を通過して燃料極層11bの略中心に供給され、更に燃料極層11bの略中心から外周縁に向かって流れる。一方、酸化剤ガスを酸化剤供給通路17、27に導入すると、酸化剤ガスは酸化剤供給通路17、27内を蛇行しながら流れる。運転中の燃料電池10は高温であるため、上記酸化剤ガスは酸化剤供給通路17、27を通る間にセバレータ12及び第1端板21から熱を吸収し、酸化剤極層11cでの反応に最適な温度に達する。この加熱された酸化剤ガスはセバレータ12の酸化剤極集電体14への対向面及び第1端板21の酸化剤極集電体14への対向面から吐出し、酸化剤極集電体14内を通過して酸化剤極層11cに供給され、更に酸化剤極層11c内を固体電解質層11aに沿って流れる。上記加熱された酸化剤ガスは酸化剤極層11cから電子を受け取って速やかに酸化物イオンにイオン化され、この酸化物イオンは固体電解質層11a内を拡散移動して燃料極層11bとの界面近傍に到達する。これにより酸化物イオンは上記加熱された燃料ガスと反応して速やかに反応生成物を生じ、燃料極層11bに電子を放出するので、この電子を燃料極集電体13から取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。

【0007】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図1～図3に示すように、n枚のセバレータ12に形成された各酸化剤供給通路17が酸化剤ガスをセバレータ12外周面から導入して蛇行させながらセバレータ12の酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成され、単一の第1端板21に形成された酸化剤供給通路27が酸化剤ガスを第1端板21外周面から導入して蛇行させながら第1端板21の酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成されたことを特徴とする。請求項3に係る発明は、請求項2に係る発明であって、更に図1～図3に示すように、n枚のセバレータ12に形成された酸化剤供給通路17が各セバレータ12の外周面に開口する単一の第1酸化剤穴17aと、この第1酸化剤穴17aに連通しセバレータ12内を蛇行する単一の第2酸化剤穴17bと、セバレータ12の酸化剤極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴17bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴17cとを有し、単一の第1端板21に形成された酸化剤供給通路27が第1端板21の外周面に開口する単一の第1酸化剤穴27aと、この第1酸化剤穴27aに連通し第1端板21内を蛇行する単一の第2酸化剤穴27bと、第1端板21の酸化剤極

集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴27bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴27cとを有することを特徴とする。この請求項2又は3に記載された固体酸化物型燃料電池では、酸化剤ガスが酸化剤供給通路17、27からシャワー状に酸化剤極集電体14に向かって略均一に吐出されるので、この酸化剤ガスにより発電セル11を均一に加熱・冷却できる。また燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0008】請求項4に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更に図6に示すように、n枚のセバレータ52に形成された酸化剤供給通路57が各セバレータ52の外周面に開口する単一の第1酸化剤穴57aと、この第1酸化剤穴57aに連通しセバレータ52内を蛇行しながら略中心に向う単一の第2酸化剤穴57bと、この第2酸化剤穴57bに連通しかつ酸化剤極集電体14の略中心に臨む単一の第3酸化剤穴57cとを有し、第1端板61に形成された酸化剤供給通路67が第1端板61の外周面に開口する単一の第1酸化剤穴67aと、この第1酸化剤穴67aに連通し第1端板61内を蛇行しながら略中心に向う単一の第2酸化剤穴67bと、この第2酸化剤穴67bに連通しかつ酸化剤極集電体14の略中心に臨む単一の第3酸化剤穴67cとを有することを特徴とする。この請求項4に記載された固体酸化物型燃料電池では、酸化剤供給通路57、67が比較的単純な形状であるため、セバレータ52及び第1端板61の製作工数を低減することができる。

【0009】請求項5に係る発明は、請求項1ないし4いずれかに係る発明であって、更に図1～図3に示すように、燃料供給通路16、26及び酸化剤供給通路17、27のいずれにも連通しないようにn枚のセバレータ12、単一の第1端板21及び単一の第2端板22のそれぞれに複数の挿入穴12aが形成され、複数の挿入穴12aにヒータ23又はヒータ23及び温度センサがそれぞれ挿入されたことを特徴とする。この請求項5に記載された固体酸化物型燃料電池では、燃料電池10の起動時に、ヒータ23に通電することにより発電セル11を速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できる。また発電セル11が均一に昇温し、発電セル11の中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セル11の損傷を防止できる。更に温度センサの検出出力に基づいてヒータを制御すれば、セバレータ等の温度をきめ細かく制御できる。

【0010】請求項6に係る発明は、請求項1ないし4いずれかに係る発明であって、更に燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないようにn枚のセバ



レータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の軽量化穴が形成されたことを特徴とする。この請求項6に記載された固体酸化物型燃料電池では、軽量化穴の形成によりセバレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0011】請求項7に係る発明は、請求項1ないし6いずれかに係る発明であって、更に図1及び図4に示すように、n枚のセバレータ12の燃料極集電体13への対向面及び単一の第2端板22の燃料極集電体13への対向面に、各セバレータ12及び第2端板22の中心から渦巻き状に延びる複数のスリット12b、22bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項7に記載された固体酸化物型燃料電池では、セバレータ12の燃料極集電体13への対向面及び第2端板22の燃料極集電体13への対向面に渦巻き状に複数のスリット12b、22bをそれぞれ形成したので、燃料ガスがスリット12b、22bに沿って渦巻き状に流れ、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層11bとの衝突回数が増え、燃料電池10の出力を向上できる。

【0012】請求項8に係る発明は、請求項1ないし6いずれかに係る発明であって、更に図8に示すように、n枚のセバレータ52の燃料極集電体13への対向面及び単一の第2端板62の燃料極集電体13への対向面に、各セバレータ52及び第2端板62の中心から放射状に延びる複数のスリット52b、62bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項8に記載された固体酸化物型燃料電池では、セバレータ52の燃料極集電体13への対向面及び第2端板62の燃料極集電体13への対向面に放射状に複数のスリット52b、62bをそれぞれ形成したので、燃料ガスがスリット52b、62bに沿って放射状に流れ、燃料ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層11bとの衝突回数が比較的多くなり、燃料電池50の出力を向上できる。

【0013】請求項9に係る発明は、請求項1ないし8いずれかに係る発明であって、更に図7及び図8に示すように、n枚のセバレータ52の酸化剤極集電体14への対向面及び単一の第1端板61の酸化剤極集電体14への対向面に、各セバレータ52及び第1端板61の中心から放射状に複数のスリット52b、61bがそれぞれ形成されたことを特徴とする。この請求項9に記載された固体酸化物型燃料電池では、セバレータ52の酸化剤極集電体14への対向面及び第1端板61の酸化剤極集電体14への対向面に放射状に複数のスリット52b、61bをそれぞれ形成したので、酸化剤ガスがスリット52b、61bに沿って放射状に流れ、酸化剤ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、酸化剤ガスと酸化剤極層11cとの衝突回数が比較的多くなり、燃料

電池50の出力を向上できる。

【0014】請求項10に係る発明は、請求項1ないし9いずれかに係る発明であって、更に図1に示すように、燃料極集電体13がニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により形成され、酸化剤極集電体14が銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金により形成され、n枚のセバレータ12、第1端板21及び第2端板22がステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金によりそれぞれ形成され、燃料極集電体13が各セバレータ12及び第2端板22にそれぞれ接合され、酸化剤極集電体14が各セバレータ12及び第1端板21にそれぞれ接合されたことを特徴とする。この請求項10に記載された固体酸化物型燃料電池では、セバレータ12及び第1端板21が高温で酸化剤ガス（高温酸化雰囲気）に曝されても、セバレータ12及び酸化剤極集電体14の接合部分と、第1端板21及び酸化剤極集電体14の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セバレータ12及び燃料極集電体13の電気的導通と、第2端板22及び燃料極集電体13の電気的導通のみならず、セバレータ12及び酸化剤極集電体14の電気的導通と、第1端板21及び酸化剤極集電体14の電気的導通を上記接合部分を通して長期間保持できる。また予め燃料極集電体13を各セバレータ12及び第2端板22にそれぞれ接合し、酸化剤極集電体14を各セバレータ12及び第1端板21にそれぞれ接合したので、燃料電池10の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。

【0015】請求項11に係る発明は、請求項1ないし10いずれかに係る発明であって、更に、n枚のセバレータの表面、単一の第1端板の表面及び単一の第2端板の表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきがそれぞれ施されたことを特徴とする。この請求項11に記載された固体酸化物型燃料電池では、セバレータ、第1端板及び第2端板と、燃料極集電体及び酸化剤極集電体との電気的導通を更に長期間保持できる。

【0016】請求項12に係る発明は、請求項1ないし11いずれかに係る発明であって、更に燃料供給通路に燃料ガスが流通可能な密度で改質粒子が充填されたことを特徴とする。この請求項12に記載された固体酸化物型燃料電池では、燃料ガスが燃料供給通路で改質粒子により改質されるので、従来、燃料電池外部に設けられていた改質器が不要になる。また上記改質粒子はNi、NiO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgO、CaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SiC、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ThO<sub>2</sub>、Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub>、ZnO、Cu、BaO及びTiO<sub>2</sub>からなる群より選ばれた1種又は2種以上を含む元素又は酸化物により

形成されることが好ましい。

【0017】請求項14又は15に係る発明は、図1～図3に示すように、酸化剤供給通路17、27が酸化剤ガスを外周面から導入して蛇行させながら酸化剤極集電体14に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成されたセパレータ又は第1端板である。請求項16又は17に係る発明は、請求項14又は15に係る発明であって、更に図1～図3に示すように、酸化剤供給通路17、27が外周面に開口する単一の第1酸化剤穴17a、27aと、この第1酸化剤穴17a、27aに連通しかつ蛇行する単一の第2酸化剤穴17b、27bと、酸化剤極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2酸化剤穴17b、27bに連通するように形成された多数の第3酸化剤穴17c、27cとを有するセパレータ又は第1端板である。この請求項14ないし17いずれかに記載されたセパレータ又は第1端板では、酸化剤ガスが酸化剤供給通路17、27からシャワー状に酸化剤極集電体14に向かって略均一に吐出されるので、この酸化剤ガスにより発電セル11を均一に加熱・冷却できる。また燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0018】請求項18又は19に係る発明は、図1～図3に示すように、燃料供給通路16、26が燃料ガスを外周面から導入して蛇行させながら略中心から燃料極集電体13に向かって吐出させるように構成されたセパレータ又は第2端板である。この請求項18又は19に記載されたセパレータ又は第2端板では、燃料供給通路16、26に導入された燃料ガスは燃料供給通路16、26内を蛇行しながらセパレータ12及び第2端板22の略中心に向う。運転中の燃料電池10は高温であるため、上記燃料ガスは燃料供給通路16、26を通る間にセパレータ12及び第2端板22から熱を吸収し、燃料極層11bでの反応に最適な温度に達する。

【0019】

【発明の実施の形態】次に本発明の第1の実施の形態を図面に基いて説明する。図1～図4に示すように、発電セル11は円板状の固体電解質層11aと、この固体電解質層11aの両面に配設された円板状の燃料極層11b及び空気極層11c（酸化剤極層）とからなり、固体酸化物型燃料電池10は上記発電セル11を（n+1）個積層することにより構成される。ここで、nは正の整数である。i番目（i=1, 2, …, n）の発電セル11の燃料極層11bとこの燃料極層11bに隣接する（i+1）番目の発電セル11の空気極層11cとの間には、導電性材料により上記燃料極層11b及び空気

極層11cの直径を1辺とする正方形板状に形成されたセパレータ12がそれぞれ1枚ずつ合計n枚介装される。またi番目の発電セル11の燃料極層11bとj番目（j=1, 2, …, n）のセパレータ12との間には、上記燃料極層11b及び空気極層11cと同一外径の円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の燃料極集電体13が介装され、（i+1）番目の発電セル11の空気極層11cとj番目のセパレータ12との間には、上記燃料極層11b及び空気極層11cと同一外径の円板状に形成されかつ導電性を有する多孔質の空気極集電体14（酸化剤極集電体）が介装される。更に1番目の発電セル11の空気極層11cには、空気極集電体14を介して導電性材料によりセパレータ12と同一の正方形に形成された単一の第1端板21が積層され、（n+1）番目の発電セル11の燃料極層11bには、燃料極集電体13を介して導電性材料によりセパレータ12と同一の正方形に形成された単一の第2端板22が積層される。なお、固体電解質層、燃料極層、空気極層、燃料極集電体及び空気極集電体は円板状ではなく、四角形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。また、セパレータ、第1端板及び第2端板は正方形板状ではなく、円板状、或いは長方形板状、六角形板状、八角形板状等の多角形板状に形成してもよい。

【0020】固体電解質層11aは酸化物イオン伝導体により形成される。具体的には、一般式（1）： $L_n1A Ga B1 B2 B3 O$ で示される酸化物イオン伝導体である。但し、上記一般式（1）において、 $L_n1$ はLa, Ce, Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって43.6～51.2重量%含まれ、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって5.4～11.1重量%含まれ、Gaは20.0～23.9重量%含まれ、B1はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B2はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B3はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、B1とB3又はB2とB3がそれぞれ同一の元素でないとき、B1は1.21～1.76重量%含まれ、B2は0.84～1.26重量%含まれ、B3は0.23～3.08重量%含まれ、B1とB3又はB2とB3がそれぞれ同一の元素であるとき、B1の含有量とB3の含有量の合計が1.41～2.70重量%であり、B2の含有量とB3の含有量の合計が1.07～2.10重量%である。

【0021】また固体電解質層11aを一般式（2）： $L_n1_{1-x}A_x Ga_{1-y-z}B1B2B3O_{3-y}$ で示される酸化物イオン伝導体により形成してもよい。但し、上記一般式（2）において、 $L_n1$ はLa, Ce,



Pr, Nd及びSmからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、AはSr, Ca及びBaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B1はMg, Al及びInからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B2はCo, Fe, Ni及びCuからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、B3はAl, Mg, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Mn及びZrからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であって、xは0.05~0.3、yは0.025~0.29、zは0.01~0.15、wは0.01~0.15、y+z+wは0.035~0.3及びdは0.04~0.3である。上記のような酸化物イオン伝導体にて固体電解質層11aを形成することにより、燃料電池10の発電効率を低下させずに、発電運転を650±50℃と比較的低温で行うことが可能となる。

【0022】燃料極層11bはNi等の金属により構成されたり、又はNi-YSZ等のサーメットにより構成されたり、或いはNiと一般式(3):  $\text{Ce}_{1-x}\text{D}_x\text{O}_y$  で表される化合物との混合体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(3)において、DはSm, Gd, Y及びCaからなる群より選ばれた1種又は2種以上の元素であり、mはD元素の原子比であり、0.05~0.4、好ましくは0.1~0.3の範囲に設定される。

【0023】空気極層11cは一般式(4):  $\text{Ln}_{2-1-x}\text{Ln}_3\text{E}_{1-y}\text{Co}_z\text{O}_{3+d}$  で示される酸化物イオン伝導体により多孔質に形成される。但し、上記一般式(4)において、Ln2はLa又はSmのいずれか一方又は双方の元素であり、Ln3はBa, Ca又はSrのいずれか一方又は双方の元素であり、EはFe又はCuのいずれか一方又は双方の元素である。またxはLn3の原子比であり、0.5を越え1.0未満の範囲に設定される。yはCo元素の原子比であり、0を越え1.0以下、好ましくは0.5以上1.0以下の範囲に設定される。dは-0.5以上0.5以下の範囲に設定される。

【0024】上記発電セル11の製造方法の一例をここに示す。先ず原料粉末として、 $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CoO}$ の各粉末を $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.5}\text{Mg}_{0.1}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{3.2}$ となるように秤量して混合した後に、1100℃で予備焼成して仮焼体を作製する。次いでこの仮焼体を粉砕した後に、所定のバインダ、溶剤などを加えて混合することによりスラリーを調製し、このスラリーをドクタブレード法によりグリーンシートを作製する。次にこのグリーンシートを空气中で十分に乾燥し、所定の寸法に切出した後に、1450℃で焼結することにより固体電解質層11aを得る。この固体電解質層11aの一方の面に、Niと( $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}$ ) $\text{O}_3$ が体積比で6:4となるように、NiO粉末

と( $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}$ ) $\text{O}_3$ 粉末とを混合した後に、この混合粉末を1100℃で焼付けることにより燃料極層11bを形成する。更に上記固体電解質層11aの他方の面に( $\text{Sm}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}$ ) $\text{CoO}_3$ を1000℃で焼付けることにより空気極層11cを形成する。このようにして発電セル11が作製される。

【0025】セパレータ12はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成されることが好ましい。例えば、SUS316、インコネル600、ハステロイX(Haynes Stellite社の商品名)、ヘインズアロイ214などが挙げられる。またセパレータ12には燃料供給通路16と、空気供給通路17(酸化剤供給通路)と、複数の挿入穴12aが形成される(図1~図3)。この実施の形態では、燃料供給通路16を含む水平面は空気供給通路17を含む水平面より所定の距離だけ上方に位置するように構成される。燃料供給通路16はセパレータ12の第1辺12d中央に開口しセパレータ12の略中心に向う単一の第1燃料穴16aと、この第1燃料穴16aに連通しセパレータ12内を蛇行しながらセパレータ12の略中心に向う単一の第2燃料穴16bと、この第2燃料穴16bに連通し燃料極集電体13の略中心に臨む単一の第3燃料穴16cとを有する(図2)。また空気供給通路17はセパレータ12の第3辺12f中央に開口しセパレータ12の略中心に向う単一の第1空気穴17aと、この第1空気穴17aに連通しセパレータ12内を蛇行しながら第1辺12dに向う単一の第2空気穴17bと、セパレータ12の空気極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴17bに連通するように形成された多数の第3空気穴17cとを有する。

【0026】第2燃料穴16bはセパレータ12の第1辺12dに平行な複数の燃料用ストレート孔16dと、これらの燃料用ストレート孔16dのうち互いに隣接する燃料用ストレート孔16dの端部を交互に連通するようにセパレータ12の第2辺12e及び第4辺12gに形成された複数の燃料用凹溝16eとからなり、これらの燃料用凹溝16eはセパレータ12の第2辺16e及び第4辺16gに一对の側板12c, 12c(セパレータ12と同一材料により形成される。)を銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合することにより封止され、複数の燃料用連通穴16fとなる(図2)。また第2空気穴17bはセパレータ12の第3辺12fに平行な複数の空気用ストレート孔17dと、これらの空気用ストレート孔17dのうち互いに隣接する空気用ストレート孔17dの端部を交互に連通するようにセパレータ12の第2辺12e及び第4辺12gに形成された複数の空気用凹溝17eとからなり、これらの空気用凹溝17eは上記一对の側板12c, 12cにて封止され、複数の空気用連通穴17fとなる(図3)。

【0027】第1燃料穴16aの基端には燃料供給パイ

ブ18が接続され、第1空気穴17aの基端には空気供給パイプ19が接続される(図2及び図3)。複数の挿入穴12aは燃料供給通路16及び空気供給通路17のいずれにも連通せず、かつ複数の燃料用ストレート孔16dの間と、複数の空気用ストレート孔17dの間に位置するように、セパレータ12の第1辺12d及び第3辺12fに平行にそれぞれ形成され、これらの挿入穴12aにはヒータ23がそれぞれ挿入される。またセパレータ12の燃料極集電体13に対向する面には3本のスリット12bがセパレータ12の略中心から渦巻き状にそれぞれ形成され(図4)、これらのスリット12bの深さは全長にわたって同一となるように形成される。なお、上記スリットは3本ではなく、2本又は4本以上であってもよい。また、スリットの深さはセパレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0028】図1に戻って、燃料極集電体13はステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、ニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきを施すことが好ましい。空気極集電体14はステンレス鋼、或いは銀又は白金により多孔質に形成され、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成した場合、銀めっき若しくは白金めっきを施すことが好ましい。なお、燃料ガスとして炭化水素を用いた場合には、燃料極集電体はニッケルめっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケルにより形成され、燃料ガスとして水素を用いた場合には、燃料極集電体は銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は銅により形成される。上記燃料極集電体13の製造方法の一例を下記に示す。先ずステンレス鋼などのアトマイズ粉末とHPMC(水溶性樹脂結合剤)を混練した後に、蒸留水及び添加剤(n-ヘキサン(有機溶剤)、DBS(界面活性剤)、グリセリン(可塑剤)など)を加えて混練して混合スラリーを調製する。次にこの混合スラリーをドクタブレード法により成形体を作製した後に、所定の条件で発泡、脱脂及び焼結して多孔質板を得る。更にこの多孔質板を所定の寸法に切出して燃料極集電体13を作製する。なお、ステンレス鋼のアトマイズ粉末を用いた場合には、表面にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきが施される。また上記空気極集電体14も上記燃料極集電体13とほぼ同様にして作製される。

【0029】第1端板21及び第2端板22はセパレータ12と同一材料により、セパレータ12と同一の正方形板状にかつセパレータ12より薄く形成される。第1端板21には空気供給通路27及び複数の挿入穴(図示せず)が形成され、第2端板22には燃料供給通路26及び複数の挿入穴(図示せず)が形成される(図1)。

空気供給通路27は空気供給通路17と同一形状に形成され、第1端板21の第3辺中央に開口し第1端板21の略中心に向う単一の第1空気穴(図示せず)と、この第1空気穴に連通し第1端板21内を蛇行しながら第1辺に向う単一の第2空気穴27bと、第1端板21の空気極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴27bに連通するように形成された多数の第3空気穴27cとを有する。また燃料供給通路26は燃料供給通路16と同一形状に形成され、第2端板22の第1辺中央に開口し第2端板22の略中心に向う単一の第1燃料穴(図示せず)と、この第1燃料穴に連通し第2端板22内を蛇行しながら第2端板22の略中心に向う単一の第2燃料穴26bと、この第2燃料穴26bに連通し燃料極集電体13の略中心に臨む単一の第3燃料穴26cとを有する。

【0030】第2空気穴27bは第2空気穴17bと同様に形成され、第2燃料穴26bは第2燃料穴16bと同様に形成される。図1の符号21cは第1端板21の第2辺21e及び第4辺21gに銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合された一対の側板(第1端板と同一材料により形成される。)であり、これらの側板の接合により第2空気穴27bが蛇行するように構成される。また図1の符号22cは第2端板22の第2辺22e及び第4辺22gに銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合された一対の側板(第2端板と同一材料により形成される。)であり、これらの側板の接合により第2燃料穴26bが蛇行するように構成される。第1端板21の空気供給通路27の基端には空気供給パイプ(図示せず)が接続され、第2端板22の燃料供給通路26の基端には燃料供給パイプ(図示せず)が接続される。また第1端板21の複数の挿入穴は空気供給通路27に連通しないように第1端板21の第1辺に平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータがそれぞれ挿入される。また第2端板22の複数の挿入穴は燃料供給通路26に連通しないように第2端板22の第3辺に平行に形成され、これらの挿入穴にはヒータがそれぞれ挿入される。第2端板22の上面、即ち第2端板22の燃料極集電体13への対向面には複数のスリット22bが第2端板22の略中心から渦巻き状に形成される(図1)。これらのスリット22bの幅及び深さはスリット22bの全長にわたって同一となるようにそれぞれ形成される。なお、スリットの幅を第2端板の中心から離れるに従って次第に広くなるように形成したり、或いはスリットの深さを第2端板の中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0031】またセパレータ12、第1端板21及び第2端板22の四隅にはボルト(図示せず)を挿通可能な通孔12cが形成される(図2及び図3)。(n+1)個の発電セル11と、n枚のセパレータ12と、(n+1)個の燃料極集電体13と、(n+1)個の空気極集

電体14と、単一の第1端板21と、単一の第2端板22とを積層したときに、上記セバレータ12、第1端板21及び第2端板22の四隅に形成された通孔12cにボルトをそれぞれ挿通した後に、これらのボルトの先端にナットをそれぞれ螺合することにより、燃料電池10が上記積層した状態で固定されるようになっている。更にセバレータ12及び第2端板22の燃料供給通路16、26には燃料ガスが流通可能な密度で改質粒子（図示せず）が充填される。この改質粒子はNi、NiO、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、MgO、CaO、 $Fe_2O_3$ 、Fe、 $O_2$ 、 $V_2O_5$ 、 $NiAl_2O_4$ 、 $ZrO_2$ 、SiC、Cr、 $O_3$ 、 $ThO_2$ 、 $Ce_2O_3$ 、 $B_2O_3$ 、 $MnO_2$ 、ZnO、Cu、BaO及び $TiO_2$ からなる群より選ばれた1種又は2種以上を含む元素又は酸化物により形成されることが好ましい。

【0032】このように構成された固体酸化物型燃料電池10の動作を説明する。燃料ガス（例えば、メタンガス（ $CH_4$ ））を水蒸気（ $H_2O$ ）とともに燃料供給パイプ18に導入すると、燃料ガス及び水蒸気は燃料供給通路16、26内を蛇行しながらセバレータ12及び第2端板22の略中心に向う。運転中の燃料電池10は高温であるため、上記燃料ガスは燃料供給通路16、26を通る間にセバレータ12及び第2端板22から熱を吸収し、燃料極層11bでの反応に最適な温度に達するとともに、燃料供給通路16、26に充填された改質粒子により改質される（例えば、水素ガス（ $H_2$ ）に改質される。）。この加熱されかつ改質された燃料ガスはセバレータ12及び第2端板22の略中心から燃料極集電体13の中心に向って吐出し、燃料極集電体13内の気孔を通過して燃料極層11bの略中心に速やかに供給され、更にスリット12b、22bにより案内されて燃料極層11bの略中心から外周縁に向って渦巻き状に流れる。

【0033】一方、空気（酸化剤ガス）を空気供給パイプ19に導入すると、空気は空気供給通路17、27内を蛇行しながらセバレータ12の第1辺12d及び第1端板21の第1辺に向う。運転中の燃料電池10は高温であるため、上記空気は空気供給通路17、27を通る間にセバレータ12及び第1端板21から熱を吸収し、空気極層11cでの反応に最適な温度に達する。この加熱された空気はセバレータ12及び第1端板21の多数の第3空気穴17c、27cからシャワー状に空気極集電体14に向って吐出する。これにより空気は空気極集電体14内の気孔を通過して空気極層11cに略均一に供給される。

【0034】この空気極層11cに供給された空気は空気極層11c内の気孔を通過して固体電解質層11aとの界面近傍に到達し、この部分で空気中の酸素は空気極層11cから電子を受け取って、酸化物イオン（ $O^{2-}$ ）に速やかにイオン化される。この酸化物イオンは燃料極層11bの方向に向って固体電解質層11a内を拡散移動

し、燃料極層11bとの界面近傍に到達すると、この部分で上記加熱された燃料ガスと反応して速やかに反応生成物（例えば、 $H_2O$ ）を生じ、燃料極層11bに電子を放出する。この電子を燃料極集電体13から取り出すことにより電流が発生し、電力が得られる。上記のように燃料ガスがセバレータ12の略中央及び第2端板22の略中央から吐出され、かつスリット12b、22bにより案内されるので、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスがセバレータ12及び第2端板22の外周縁に到達するまでに、燃料ガスが燃料極層13と極めて多く衝突するので、上記反応回数が増え、燃料電池10の性能向上を図ることができる。従って、セバレータ12及び第2端板22の外径が大きくなればなるほど、燃料ガスの反応経路が長くなり、これに伴って反応回数が増え、燃料電池10の出力向上に繋がる。

【0035】一方、セバレータ12の下面及び第1端板21の下面には多数の第3空気穴17cが所定の間隔をあけて並んで形成されているため、空気がセバレータ12の下面及び第1端板21の下面から略均一に吐出される。この結果、空気により発電セル11を均一に加熱・冷却できる。特に、燃料電池10の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セル11が加熱されて設定温度（例えば、650℃）より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度（例えば、630）の空気を上記空気供給通路17、27から吐出させることにより、発電セル11を均一に冷却できるので、発電セル11の局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。

【0036】また従来の燃料電池、即ち発電セルの略中心に燃料ガス導入管及び酸化剤ガス導入管の挿通用の2個の孔が形成されるため、反応面積が小さくなるとともに反応前に燃料ガスが空気に混ざって、発電効率が低下する燃料電池と比較して、本発明の燃料電池10は発電セル11の表面の全てが発電に寄与するとともに、反応前に燃料ガスが空気に混ざることがないため、発電効率が向上する。なお、(n+1)個の発電セル11は導電性材料により形成されたセバレータ12、燃料極集電体13及び空気極集電体14を介して直列に接続され、かつ両端に導電性材料により形成された第1端板21及び第2端板22が設けられているため、第1端板21及び第2端板22から大きな電力を取出すことができる。

【0037】また燃料電池10の起動時には、ヒータ23に通電することにより発電セル11を速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できるとともに、発電セル11が均一に昇温し、発電セル11の中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セル11の損傷を防止できる。なお、挿入穴にヒータを挿入しない場合、即ち挿入穴を軽量化穴とした場合には、セバレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0038】更にステンレス鋼、ニッケル基合金又はク

ロム基合金製のセバレータ12及び第2端板22の上面に、ニッケルめっき、銀めっき若しくは銅めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いはニッケル、銀又は銅製の燃料極集電体13をそれぞれ接合し、ステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金製のセバレータ12及び第2端板22の下面に、銀めっき若しくは白金めっきされたステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金、或いは銀又は白金製の空気極集電体14をそれぞれ接合すれば、セバレータ12及び第1端板21が高温で空気に曝されても、即ちセバレータ12及び第1端板21が高温酸化雰囲気中に曝されても、セバレータ12及び空気極集電体14の接合部分と、第1端板22及び空気極集電体14の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セバレータ12及び燃料極集電体13の電気的導通と、第2端板22及び燃料極集電体13の電気的導通のみならず、セバレータ12及び空気極集電体14の電気的導通と、第1端板21及び空気極集電体14の電気的導通を上記接合部分を通して長期間保持できるとともに、上記接合により燃料電池10の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。なお、上記接合方法としては銀ろう付け、スポット溶接又はレーザ溶接等が挙げられる。またステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金製の上記セバレータ12、第1端板21及び第2端板22にニッケルめっき、クロムめっき又は銀めっきを施せば、セバレータ12、第1端板21及び第2端板22と、燃料極集電体13及び空気極集電体14との電気的導通を更に長期間保持できる。

【0039】図5～図9は本発明の第2の実施の形態を示す。図5～図9において図1～図4と同一符号は同一部品を示す。この実施の形態では、セバレータ52に形成された空気供給通路57が各セバレータ52の外周面に開口する単一の第1空気穴57aと、この第1空気穴57aに連通しセバレータ52内を蛇行しながら略中心に向う単一の第2空気穴57bと、この第2空気穴57bに連通しかつ空気極集電体14の略中心に臨む単一の第3空気穴57cとを有する。また第1端板61に形成された空気供給通路67は第1端板61の外周面に開口する単一の第1空気穴67aと、この第1空気穴67aに連通し第1端板61内を蛇行しながら略中心に向う単一の第2空気穴67bと、この第2空気穴67bに連通しかつ空気極集電体14の略中心に臨む単一の第3酸化剤穴67cとを有する。この実施の形態では、燃料供給通路16を含む水平面は空気供給通路17を含む水平面と同一平面上に位置するように構成される。

【0040】第2燃料穴56bはセバレータ52の第1辺52dに平行な複数の燃料用ストレート孔56dと、これらの燃料用ストレート孔56dのうち互いに隣接する燃料用ストレート孔56dの端部を交互に連通するよ

うにセバレータ52の第2辺52e及び第4辺52gに形成された複数の燃料用凹溝56eとからなり、これらの燃料用凹溝56eはセバレータ52の第2辺56e及び第4辺56gに一对の側板52c、52c（セバレータと同一材料により形成される。）を銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合することにより封止され、複数の燃料用連通穴56fとなる（図6及び図9）。また第2空気穴57bはセバレータ52の第3辺52fに平行な複数の空気用ストレート孔57dと、これらの空気用ストレート孔57dのうち互いに隣接する空気用ストレート孔57dの端部を交互に連通するようにセバレータ52の第2辺52e及び第4辺52gに形成された複数の空気用凹溝57eとからなり、これらの空気用凹溝57eは上記一对の側板52c、52cにて封止され、複数の空気用連通穴57fとなる。

【0041】第1燃料穴56aの基端には燃料供給パイプ18が接続され、第1空気穴57aの基端には空気供給パイプ19が接続される（図6～図9）。複数の挿入穴52aは燃料供給通路56及び空気供給通路57のいずれにも連通せず、かつ複数の燃料用ストレート孔56dの間と、複数の空気用ストレート孔57dの間に位置するように、セバレータ52の第1辺52d及び第3辺52fに平行にそれぞれ形成され、これらの挿入穴52aにはヒータ63がそれぞれ挿入される（図6、図8及び図9）。またセバレータ52の両面には複数のスリット52bがセバレータ52の略中心から放射状にそれぞれ形成される（図7～図9）。これらのスリット52bの幅及び深さはスリット52bの全長にわたって同一となるようにそれぞれ形成される。なお、スリットの幅をセバレータの中心から離れるに従って次第に広くなるように形成したり、或いはスリットの深さをセバレータの中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。

【0042】第1端板61及び第2端板62はセバレータ52と同一材料により同一寸法に形成される。第1端板61には空気供給通路67及び複数の挿入穴61aが形成され、第2端板62には燃料供給通路66及び複数の挿入穴62aが形成される（図5及び図8）。空気供給通路67は空気供給通路57と同一形状に形成され、第1端板61の第3辺61f中央に開口し第1端板61の略中心に向う単一の第1空気穴67aと、この第1空気穴67aに連通し第1端板61内を蛇行しながら第1辺61dに向う単一の第2空気穴67bと、第1端板61の空気極集電体14に対向する面に所定の間隔をあけかつ第2空気穴67bに連通するように形成された多数の第3空気穴67cとを有する。また燃料供給通路66は燃料供給通路56と同一形状に形成され、第2端板62の第1辺62d中央に開口し第2端板62の略中心に向う単一の第1燃料穴66aと、この第1燃料穴66aに連通し第2端板62内を蛇行しながら第2端板62の

略中心に向う単一の第2燃料穴66bと、この第2燃料穴66bに連通し空気極集電体14の略中心に臨む単一の第3燃料穴66cとを有する。

【0043】第2空気穴67bは第1端板61の第3辺61fに平行な複数の空気用ストレート孔67dと、これらの空気用ストレート孔67dのうち互いに隣接する空気用ストレート孔67dの端部を交互に連通するように第1端板61の第2辺61e及び第4辺61gに形成された複数の空気用凹溝（図示せず）とからなり、これらの空気用凹溝は第1端板61の第2辺61e及び第4  
10 辺61gに接合された一対の側板61c、61c（第1端板61と同一材料により形成される。）を銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合することにより封止され、複数の空気用連通穴（図示せず）となる（図5及び図8）。また第2燃料穴66bは第2端板62の第1辺62dに平行な複数の燃料用ストレート孔66dと、これらの燃料用ストレート孔66dのうち互いに隣接する燃料用ストレート孔66dの端部を交互に連通するように第2端板62の第2辺62e及び第4辺62gに形成された複数の燃料用凹溝（図示せず）とからなり、これら  
20 の燃料用凹溝66eは第2端板62の第2辺62e及び第4辺62gに一対の側板62c、62c（第2端板62と同一材料により形成される。）を銀ろう付け、レーザ溶接等にて接合することにより封止され、複数の燃料用連通穴（図示せず）となる。

【0044】第1空気穴67aの基端には空気供給パイプ19が接続され、第1燃料穴66aの基端には燃料供給パイプ18が接続される（図8）。第1端板61の複数の挿入穴61aは空気供給通路67に連通せず、かつ空気用ストレート孔67dの間に位置するように第1  
30 端板61の第1辺61dに平行に形成され、これらの挿入穴61aにはヒータ63がそれぞれ挿入される。また第2端板62の複数の挿入穴62aは燃料供給通路66に連通せず、かつ燃料用ストレート孔66dの間に位置するように第2端板62の第3辺62fに平行に形成され、これらの挿入穴62aにはヒータ63がそれぞれ挿入される。第1端板61の下面、即ち第1端板61の空気極集電体14への対向面には複数のスリット61bが第1端板61の略中央から放射状に形成され、第2端板62の上面、即ち第2端板62の燃料極集電体13への  
40 対向面には複数のスリット62bが第2端板62の略中心から放射状に形成される（図8）。これらのスリット61b、62bの幅及び深さはスリット61b、62bの全長にわたって同一となるようにそれぞれ形成される。なお、スリットの幅を第1端板及び第2端板の中心から離れるに従って次第に広くなるように形成したり、或いはスリットの深さを第1端板及び第2端板の中心から離れるに従って次第に深く若しくは浅くなるように形成してもよい。上記以外は第1の実施の形態と同一に構成される。

【0045】このように構成された固体酸化物型燃料電池50では、燃料ガス（例えば、メタンガス（ $\text{CH}_4$ ））を水蒸気（ $\text{H}_2\text{O}$ ）とともに燃料供給パイプ18に導入すると、燃料ガス及び水蒸気は燃料供給通路56、66内を蛇行しながらセパレータ52及び第2端板62の略中心に向う。運転中の燃料電池50は高温であるため、上記燃料ガスは燃料供給通路56、66を通る間にセパレータ52及び第2端板62から熱を吸収し、燃料極層11bでの反応に最適な温度に達するとともに、燃料供給通路56、66に充填された改質粒子により改質される（例えば、水素ガス（ $\text{H}_2$ ）に改質される。）。この加熱されかつ改質された燃料ガスはセパレータ52及び第2端板62の略中心から燃料極集電体13の中心に向って吐出し、燃料極集電体13内の気孔を通過して燃料極層11bの略中心に速やかに供給され、更にスリット52b、62bにより案内されて燃料極層11bの略中心から外周縁に向って放射状に流れる。

【0046】一方、空気（酸化剤ガス）を空気供給パイプ19に導入すると、空気は空気供給通路57、67内を蛇行しながらセパレータ52及び第1端板61の略中心に向う。運転中の燃料電池50は高温であるため、上記空気は空気供給通路57、67を通る間にセパレータ52及び第1端板61から熱を吸収し、空気極層11cでの反応に最適な温度に達する。この加熱された空気はセパレータ52及び第1端板61の略中心から空気極集電体14の中心に向って吐出し、空気極集電体14内の気孔を通過して空気極層11cの略中心に速やかに供給され、更にスリットにより案内されて空気極層11cの略中心から外周縁に向って放射状に流れる。この結果、第1の実施の形態と同様に、燃料電池の発電効率が向上する。またセパレータ52を第1の実施の形態のセパレータより薄く形成できるので、燃料電池50を第1の実施の形態の燃料電池より小型化することができる。上記以外の動作は第1の実施の形態の動作と略同様であるので、繰返しの説明を省略する。

【0047】なお、上記第1及び第2実施の形態では、酸化剤ガスとして空気を用いたが、酸素又はその他の酸化剤ガスを用いてもよい。また、上記第1及び第2の実施の形態では、セパレータをステンレス鋼、ニッケル基合金又はクロム基合金により形成したが、ランタンクロマイト（ $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{CoO}_3$ ）等の導電性を有するセラミックにより形成してもよい。更に、上記第1及び第2の実施の形態では、セパレータ、第1端板及び第2端板の挿入穴にヒータをそれぞれ挿入したが、ヒータ及び温度センサ（温度測定用熱電対）を交互に挿入してもよい。この場合、温度センサの検出出力に基づいてヒータを制御することにより、セパレータ等の温度をきめ細かく制御できる。

【0048】

50 【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、



( $n+1$ ) 個の発電セルのうち  $i$  番目の発電セルの燃料極層と ( $i+1$ ) 番目の発電セルの酸化剤極層との間にセバレータをそれぞれ1枚ずつ合計  $n$  枚介装し、燃料極層及びセバレータ間に多孔質の燃料極集電体を介装し、酸化剤極層及びセバレータ間に多孔質の酸化剤極集電体を介装し、各セバレータに蛇行する燃料供給通路及び酸化剤供給通路を形成し、1番目の発電セルの酸化剤極層に積層された第1端板に蛇行する酸化剤供給通路を形成し、更に( $n+1$ )番目の発電セルの燃料極層に積層された第2端板に蛇行する燃料供給通路を形成したので、燃料ガスが上記蛇行する燃料供給通路を通る間に加熱された後に、燃料極層の略中心から外周縁に向かって流れ、酸化剤ガスが上記蛇行する酸化剤供給通路を通る間に加熱された後に、酸化剤極層内を固体電解質層に沿って流れる。このとき上記加熱された酸化剤ガスは酸化剤極層から電子を受取って速やかに酸化物イオンにイオン化され、この酸化物イオンは固体電解質層内を拡散移動して燃料極層との界面近傍で上記加熱された燃料ガスと反応して速やかに反応生成物を生じ、燃料極層に電子を放出する。この結果、従来燃料ガス及び酸化剤ガスを予熱するために燃料電池外部に設けられていた予熱器が不要になるので、部品点数を低減しかつ燃料電池の小型化を図ることができる。また発電セルの表面の全てが発電に寄与するので、燃料ガス及び燃料極層の衝突回数と、酸化剤ガス及び酸化剤極層との衝突回数が多くなり、発電効率が向上する。

【0049】またセバレータ又は第1端板に形成された各酸化剤供給通路が酸化剤ガスをセバレータ又は第1端板の外周面から導入して蛇行しながらセバレータ又は第1端板の酸化剤極集電体に対向する面からシャワー状に略均一に吐出させるように構成すれば、酸化剤ガスが酸化剤供給通路からシャワー状に酸化剤極集電体に向かって略均一に吐出されるので、この酸化剤ガスにより発電セルを均一に加熱・冷却できる。また燃料電池の発電中におけるジュール熱の発生により、発電セルが加熱されて設定温度より上昇したときに、この設定温度より僅かに低い温度の酸化剤ガスを上記酸化剤供給通路から吐出させることにより、発電セルを均一に冷却できるので、発電セルの局所的な加熱又は冷却による損傷を防止できる。またセバレータ及び第1端板に形成された酸化剤供給通路が単一の第1酸化剤穴と、蛇行しかつ略中心に向う単一の第2酸化剤穴と、酸化剤極集電体の略中心に臨む単一の第3酸化剤穴とをそれぞれ有するように構成すれば、酸化剤供給通路が比較的短いため、セバレータ及び第1端板の製作工数を低減することができる。また、酸化剤供給通路を燃料供給通路と略同一平面に形成できるので、セバレータの厚さを薄くできる。

【0050】また燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセバレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の挿入穴を

形成し、これらの挿入穴にヒータを挿入すれば、燃料電池の起動時にヒータに通電することにより発電セルを速やかに昇温できるので、昇温時間を短縮できる。また発電セルが均一に昇温し、発電セルの中心と外周縁との温度差がなくなって均一に熱膨張するため、発電セルの損傷を防止できる。また複数の挿入穴にヒータ及び温度センサを挿入すれば、温度センサの検出出力に基づいてヒータを制御することにより、セバレータ等の温度をきめ細かく制御できる。また燃料供給通路及び酸化剤供給通路のいずれにも連通しないように  $n$  枚のセバレータ、単一の第1端板及び単一の第2端板のそれぞれに複数の軽量化穴を形成すれば、セバレータ、第1端板及び第2端板の重量を小さくできるので、燃料電池の軽量化を図ることができる。

【0051】また  $n$  枚のセバレータの燃料極集電体への対向面及び単一の第2端板の燃料極集電体への対向面に、各セバレータ及び第2端板の中心から渦巻き状に延びる複数のスリットをそれぞれ形成すれば、燃料ガスが上記スリットに沿って渦巻き状に流れ、燃料ガスの反応経路が長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層との衝突回数が増え、燃料電池の出力を向上できる。また  $n$  枚のセバレータの燃料極集電体への対向面及び単一の第2端板の燃料極集電体への対向面に、各セバレータ及び第2端板の中心から放射状に延びる複数のスリットをそれぞれ形成すれば、燃料ガスが上記スリットに沿って放射状に流れ、燃料ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、燃料ガスと燃料極層との衝突回数が比較的多くなり、燃料電池の出力を向上できる。また  $n$  枚のセバレータの酸化剤極集電体への対向面及び単一の第1端板の酸化剤極集電体への対向面に、各セバレータ及び第1端板の中心から放射状に複数のスリットをそれぞれ形成すれば、酸化剤ガスが上記スリットに沿って放射状に流れ、酸化剤ガスの反応経路が比較的長くなる。この結果、酸化剤ガスと酸化剤極層との衝突回数が比較的多くなり、燃料電池の出力を向上できる。

【0052】またニッケルめっきされたステンレス鋼製などの燃料極集電体をステンレス鋼製などのセバレータ及び第2端板に接合し、銀めっきされたステンレス鋼製などの酸化剤極集電体をステンレス鋼製などのセバレータ及び第1端板に接合すれば、セバレータ及び第1端板が高温で酸化剤ガスに曝されても、セバレータ及び酸化剤極集電体の接合部分と、第1端板及び酸化剤極集電体の溶着された接合部分が溶着されているため、これらの接合部分の酸化を防止できる。この結果、セバレータ及び燃料極集電体の電気的導通と、第2端板及び燃料極集電体の電気的導通のみならず、セバレータ及び酸化剤極集電体の電気的導通と、第1端板及び酸化剤極集電体の電気的導通を上記接合部分を通して長期間保持できるとともに、燃料電池の組立作業時間を短縮し、組立作業性を向上できる。また各セバレータ、第1端板及び第2端



板の表面にニッケルめっき等を施せば、セパレータ、第1端板又は第2端板と、燃料極集電体又は酸化剤極集電体との電氣的導通を更に長期間保持できる。更に燃料供給通路に燃料ガスが流通可能な密度で改質粒子を充填すれば、燃料ガスが燃料供給通路で改質粒子により改質されるので、従来、燃料電池外部に設けられていた改質器が不要になる。この結果、部品点数を低減できるとともに、燃料電池の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1実施形態の固体酸化物型燃料電池を示す図2のA-A線断面図。

【図2】図1のB-B線断面図。

【図3】図1のC-C線断面図。

【図4】図1のD-D線断面図。

【図5】本発明の第2実施形態を示す図6のE-E線断面図。

【図6】図5のF-F線断面図。

【図7】図5のG-G線断面図。

【図8】図7のH-H線断面図。

【図9】その発電セル、燃料極集電体、空気極集電体及びセパレータを含む燃料電池の要部分解斜視図。

【符号の説明】

\*

\* 10, 50 固体酸化物型燃料電池

11 発電セル

11a 固体電解質層

11b 燃料極層

11c 空気極層（酸化剤極層）

12, 52 セパレータ

12a, 52a, 61a, 62a 挿入穴

12b, 22b, 52b, 61b, 62b スリット

13 燃料極集電体

14 空気極集電体（酸化剤極集電体）

16, 26, 56, 66 燃料供給通路

17, 27, 57, 67 空気供給通路（酸化剤供給通路）

17a, 57a, 67a 第1空気穴（第1酸化剤穴）

17b, 27b, 57b, 67b 第2空気穴（第2酸化剤穴）

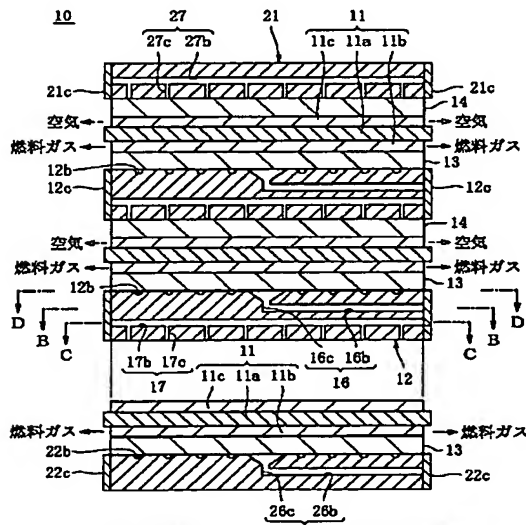
17c, 27c, 57c, 67c 第3空気穴（第3酸化剤穴）

21, 61 第1端板

22, 62 第2端板

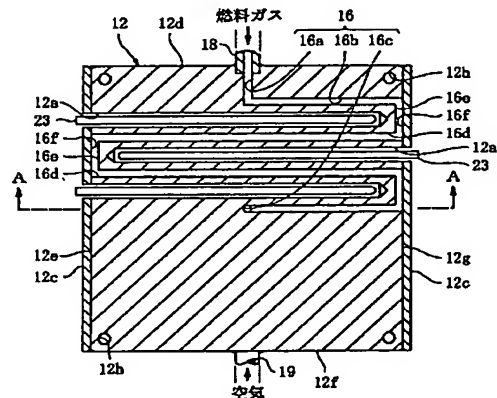
23, 63 ヒータ

【図1】

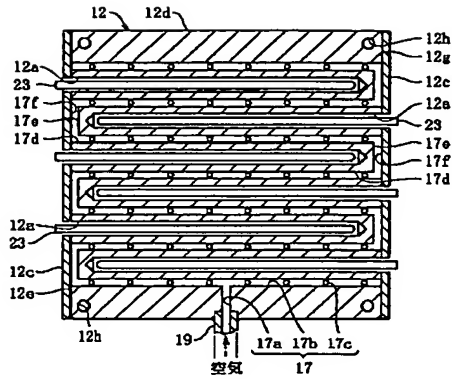


- 10 燃料電池
- 11 発電セル
- 11a 固体電解質層
- 11b 燃料極層
- 11c 空気極層（酸化剤極層）
- 12 セパレータ
- 12b, 22b スリット
- 13 燃料極集電体
- 14 空気極集電体（酸化剤極集電体）
- 16, 26 燃料供給通路
- 17, 27 空気供給通路（酸化剤供給通路）
- 17b, 27b 第2空気穴（第2酸化剤穴）
- 17c, 27c 第3空気穴（第3酸化剤穴）
- 21 第1端板
- 22 第2端板

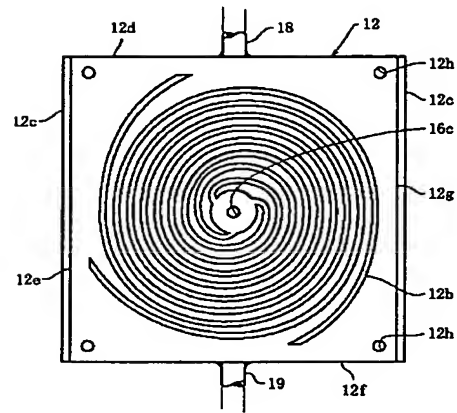
【図2】



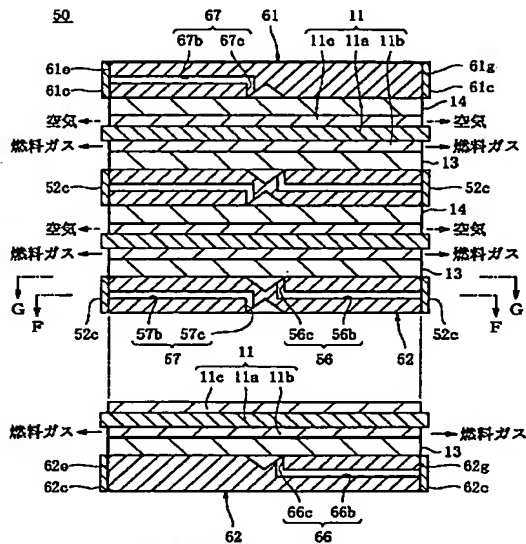
【図3】



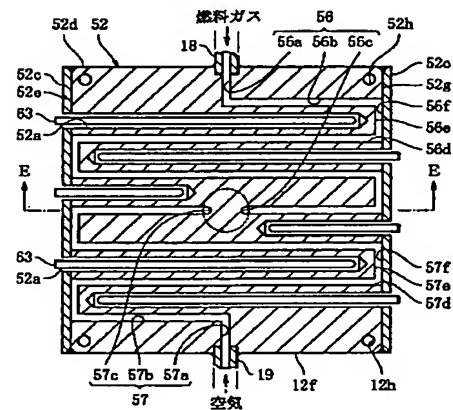
【図4】



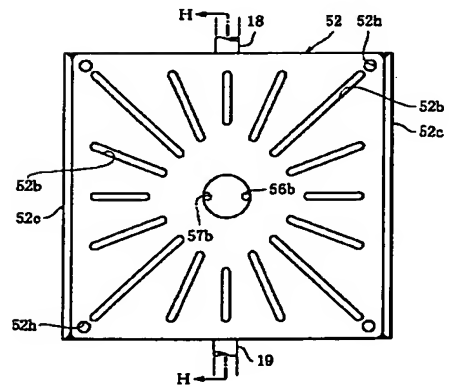
【図5】



【図6】

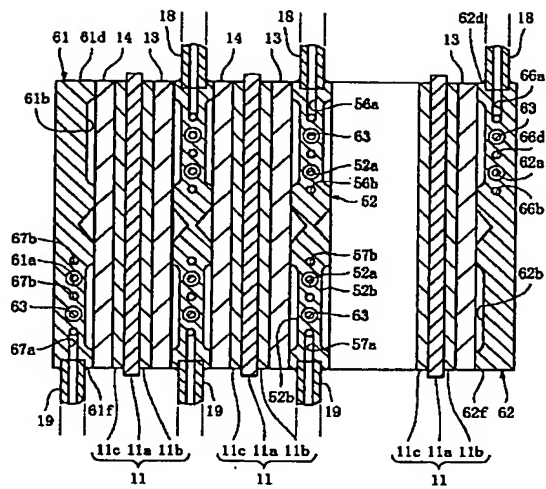


【図7】

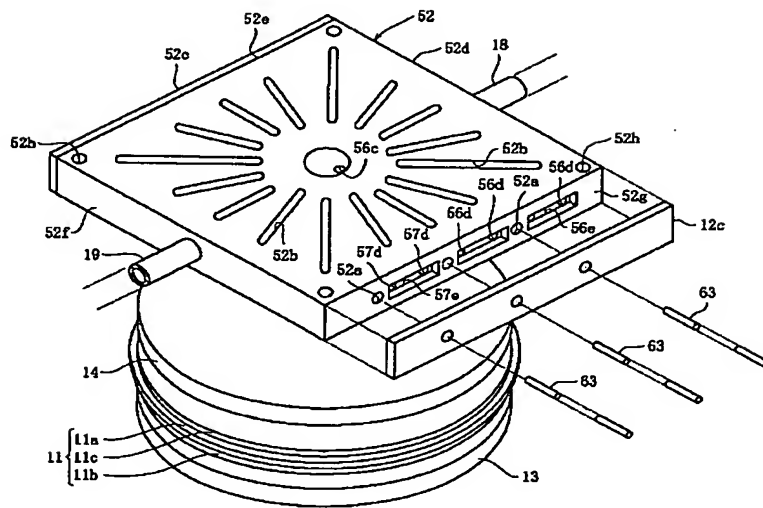


- 11 発電セル
- 11a 固体電解質層
- 11b 燃料極層
- 11c 空気極層 (酸化剤極層)
- 13 燃料極集電体
- 14 空気極集電体 (酸化剤極集電体)
- 50 燃料電池
- 52 セパレータ
- 57, 67 空気供給通路 (酸化剤供給通路)
- 57b, 67b 第2空気穴 (第2酸化剤穴)
- 57c, 67c 第3空気穴 (第3酸化剤穴)
- 61 第1端板
- 62 第2端板

【図8】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**